

TAHANAN GESEKAN SELIMUT PADA TIANG BOR PANJANG

Andrias Suhendra Nugraha

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. drg. Suria Sumantri, MPH., no.65 Bandung, 40164
Email: andrias.sn@eng.maranatha.edu

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari mekanisme transfer beban (*load transfer*) dan tahanan gesekan selimut (*skin friction resistance*) dari hasil uji beban aksial terinstrumentasi pada tiang bor (*bored pile*). Diameter tiang, d , yang ditinjau pada penelitian ini adalah 1.00 m dan panjang tiang, L , yang ditinjau adalah 43.10m dan 48.00m. Hasil uji beban aksial terinstrumentasi pada 2 tiang bor panjang (*long bored pile*) dengan ujung bawah tiang terletak pada tanah lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) dengan konsistensi *very stiff* hingga *hard* menunjukkan bahwa tahanan gesekan selimut termobilisasi pada deformasi yang kecil yaitu pada 0.9% d hingga 2.6% d .

Kata kunci : Tahanan gesekan selimut, Tiang bor, Uji beban aksial terinstrumentasi.

ABSTRACT

The objective of this research was to study of load transfer and skin friction resistance from axial loading tests of instrumented bored pile. Diameter of pile, d , which observed of this research is 1.00m for both piles and length of pile, L , are 43.10m and 48.00m. Axial loading tests of 2 instrumented long bored piles with pile tip at silt and clay with consistency very stiff to hard showed that skin friction resistance mobilized at small displacement, about 0.9% d to 2.6% d .

Keywords : Skin friction resistance, Bored pile, Instrumented axially loading test.

1. PENDAHULUAN

Pondasi tiang bor adalah bagian struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam tanah. Penyaluran beban kerja aksial dapat melalui tahanan dukung ujung (*end bearing resistance*) dan tahanan gesekan selimut (*skin friction resistance*).

Uji beban terinstrumentasi (*instrumented loading test*) pada tiang bor panjang yang dilakukan oleh Kruizinga dan Nelissen (1984) dan Balakrishnan (1994), menunjukkan bahwa persentase beban yang diterima oleh tahanan gesekan selimut jauh lebih besar (65% sampai 90% *applied load*) dibandingkan dengan beban yang diterima oleh tahanan dukung ujung. Hal ini dapat terjadi karena panjang tiang memungkinkan tahanan gesekan selimut termobilisasi pada deformasi yang jauh lebih kecil dari tahanan dukung ujung, sehingga tahanan gesekan selimut terjadi lebih dahulu sebelum beban dapat ditransfer ke tahanan dukung ujung (Woodward, 1972)

Pada penelitian ini, tinjauan pada tiang bor akan difokuskan pada mekanisme transfer beban dan tahanan gesekan selimut.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui dan mempelajari transfer beban dan tahanan gesekan selimut serta deformasi yang memobilisasinya, dari data hasil uji beban aksial terinstrumentasi pada tiang bor panjang

3. KRITERIA PENGELOMPOKAN TIANG BOR

Pondasi tiang bor merupakan salah satu jenis pondasi yang dikelompokkan sebagai *non-displacement pile*. Kriteria pengelompokan tiang bor berdasarkan diameter (d), panjang (L), dan L/d, adalah sebagai berikut :

- **Kriteria diameter tiang (d)**
 - Grigorian (1970) dan Pula (1975) : $d < 0.6\text{m}$ tiang pendek
- **Kriteria panjang tiang (L)**
 - Meyerhof (1976) : $L < 20\text{m}$ tiang pendek
 $L > 60\text{m}$ tiang panjang
 - Grigorian (1970) dan Pila (1975) : $L < 5\text{m}$ tiang pendek
- **Kriteria L/d**
 - Mates (1972) : $L/d < 25$ tiang pendek
 $L/d > 50$ tiang panjang
 - V.N.S. Murthy : $L/d < 10$ tiang pendek
 - Grigorian (1970) dan Pula (1975) : $L/d = 2.5 - 8$ tiang pendek

4. DAYA DUKUNG BATAS TIANG BOR

Konsep dasar dari beban aksial yang ditahan oleh pondasi tiang tampak pada Gambar 1. Beban aksial batas, Q_{ult} dari tiang bor secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (1)$$

di mana :

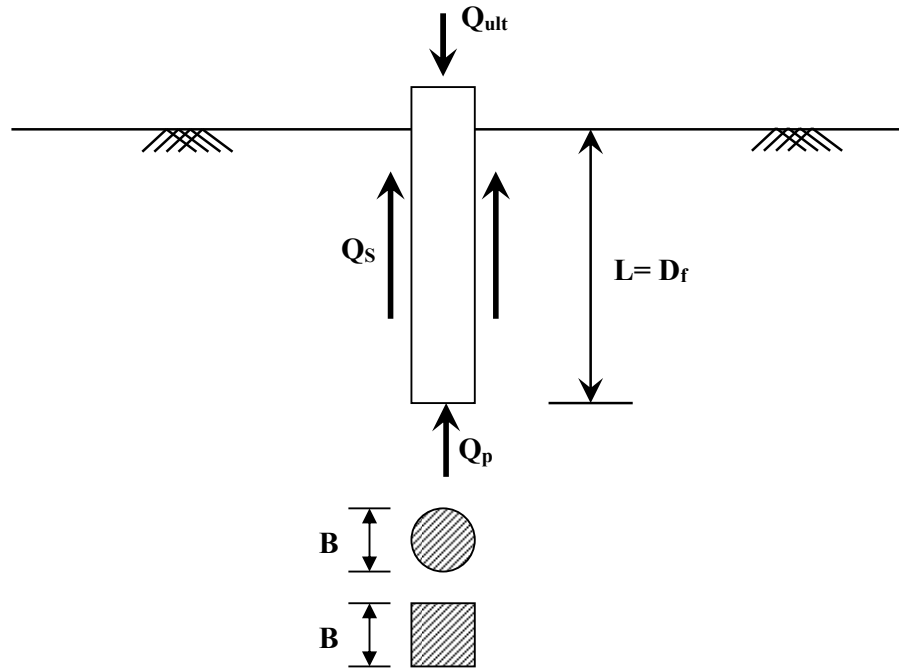
- Q_p = tahanan dukung ujung batas
- Q_s = tahanan gesekan selimut batas

Q_s diperoleh dari integrasi τ_a (pile-soil shear strength) disepanjang permukaan dari selimut tiang. τ_a dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \phi_a \quad (2)$$

di mana :

- τ_a = pile-soil shear strength
 c_a = adhesi
 σ_n = tegangan normal antara tiang dan tanah
 ϕ_a = sudut geser dalam antara tiang dan tanah



Gambar 1. Kurva transfer beban - deformasi

σ_n biasanya dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma_n = K_s \sigma_v \quad (3)$$

di mana :

- σ_n = tegangan vertical
 K_s = koefisien tekanan tanah lateral

sehingga,

$$\tau_a = c_a + K_s \sigma_v \tan \phi_a \quad (4)$$

dan

$$Q_s = \int_0^L C \tau_a dz = \int_0^L C (c_a + \sigma_v K_s \tan \phi_a) dz \quad (5)$$

di mana :

- C = keliling tiang
 L = panjang dari selimut tiang

Menurut teori daya dukung, tahanan dukung ujung, Q_p dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_p = A_b (c N_c + \sigma_{vb} N_q + 0.5 \gamma d N_\gamma) \quad (6)$$

di mana :

A_b	= luas dari dasar tiang
c	= kohesi tanah
σ_{vb}	= tegangan vertikal pada tanah di dasar tiang
γ	= berat volume tanah
d	= diameter tiang
N_c, N_q, N_γ	= parameter daya dukung (tidak berdimensi)

Dari persamaan (1), (5), dan (6) diperoleh beban aksial batas tiang adalah sebagai berikut:

$$Q_s = \int_0^L C (c_a + \sigma_v K_s \tan \phi_a) dz + A_b (c N_c + \sigma_{vb} + 0.5 \gamma d N_\gamma) \quad (7)$$

Selain dari perhitungan empiris, beban aksial batas tiang juga dapat diperoleh dari hasil uji beban aksial terinstrumentasi di lapangan. Pada uji beban aksial terinstrumentasi dapat dilakukan pengukuran transfer beban pada setiap kedalaman secara langsung dengan menggunakan *strain instrument* maupun tidak langsung dengan menggunakan *load cell*.

Interpretasi beban rata-rata (average load) Q dengan panjang segmen tiang ΔL , dari pengukuran defleksi R , yang diperoleh dari 2 *strain rods/telltales* adalah sebagai berikut :

$$Q = AE_c \frac{R_1 - R_2}{\Delta L} \quad (8)$$

di mana :	A	= luas beton
	E_c	= modulus elastisitas beton

Beban, Q pada setiap kedalaman pemasangan *strain gauges* (*Vibrating Wire Strain Gauge*, VWSG) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \text{average strain of the strain gauge} \times (E_c A_c + E_s A_s) \quad (9)$$

di mana :	A_c	= luas beton
	E_c	= modulus elastisitas beton
	A_s	= luas tulangan baja
	E_s	= modulus elastisitas baja

Tahanan gesekan selimut rata-rata diantara dua segmen pada tiang diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$f_s = \frac{\Delta Q}{\text{Keliling tiang} \cdot \Delta L} \quad (10)$$

di mana :

- f_s = tahanan gesekan selimut rata-rata
- ΔQ = perubahan beban
- ΔL = panjang segmen tiang

4. UJI BEBAN AKSIAL TERINSTRUMENTASI

Tiang uji yang ditinjau pada penelitian ini berjumlah 2 buah yaitu Tiang Uji 1 (TU1) dan Tiang Uji 2 (TU2). Lokasi uji beban aksial terinstrumentasi dari TU1 (Lokasi 1) dan TU2 (Lokasi 2) adalah di daerah Jakarta. Klasifikasi tanah untuk lokasi 1 dan lokasi 2 tampak pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi tanah untuk lokasi uji 1

Kedalaman (m)	Klasifikasi Tanah
0.0 – 9.4	<i>Debonded Zone</i>
9.4 – 17.0	<i>Firm clayey silt with fine sand / stiff clayey silt</i>
17.0 – 36.0	<i>Stiff clayey silt / stiff to very stiff weakly cemented silt / sand / clayey silt</i>
36.0 – 42.0	<i>Weakly cemented silty sand / Hard clayey silt</i>

Tabel 2. Klasifikasi tanah untuk lokasi uji 2

Kedalaman (m)	Klasifikasi Tanah
0.0 – 18.0	<i>Debonded Zone</i>
18.0 – 24.0	<i>Medium stiff to stiff silty clay</i>
24.0 – 30.0	<i>Stiff silty clay / Hard clay</i>
30.0 – 42.0	<i>Hard clay / Dense silty clay with sand</i>
42 – 47.5	<i>Very stiff to Hard silty clay</i>

Dimensi, beban kerja (working load), instrumentasi yang digunakan dan propertis dari tiang uji tampak pada Tabel 3 hingga Tabel 5.

Tabel 3. Dimensi dan *Working Load* dari Tiang Uji

Lokasi	Nomor Tiang Uji	Diameter Tiang (mm)	Panjang Tiang (m)	L/d	<i>Working Load</i> (ton)
1	TU1	1000	43.10	43.10	560
2	TU2	1000	48.00	48.00	500

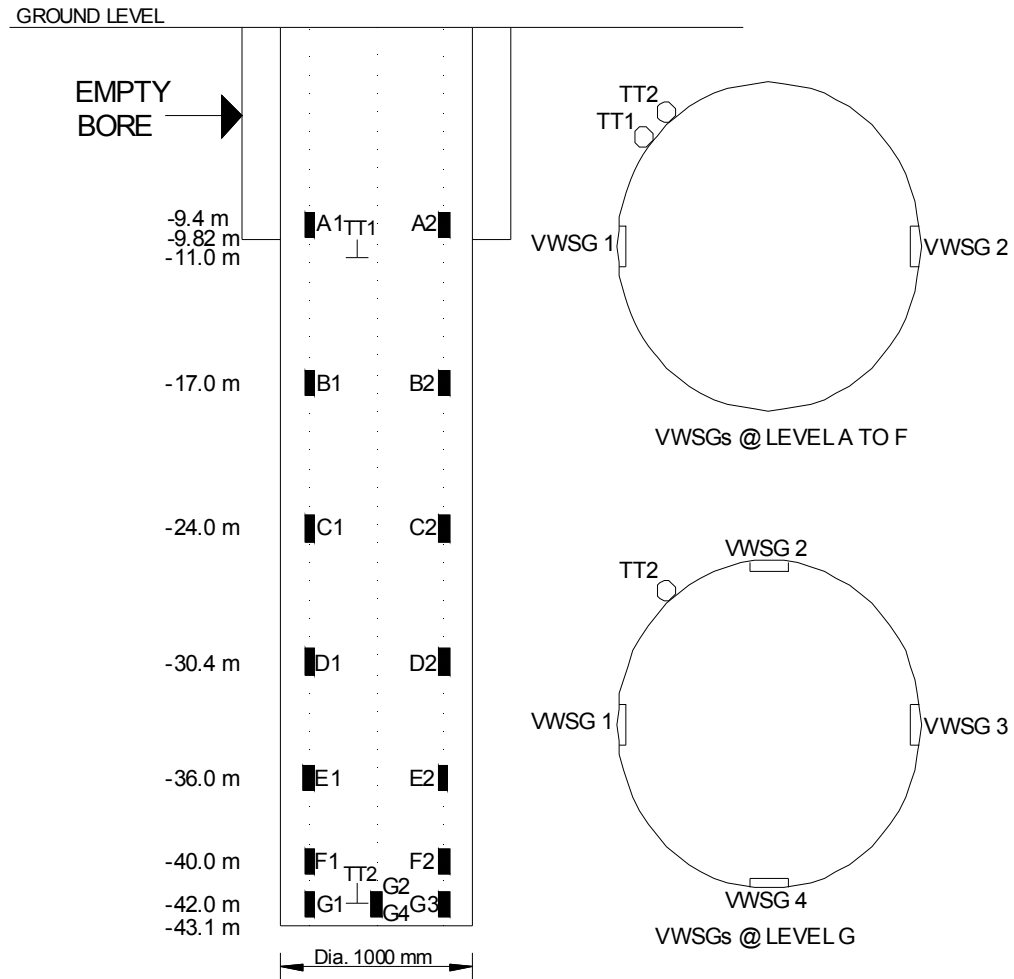
Tabel 4. Sistem pembebanan dan instrumentasi dari Tiang Uji

Tiang Uji	Sistem Pembebanan	Instrumentasi
TU1	Slow Maintenanced Loading Test, menggunakan : <ul style="list-style-type: none"> • Dongkrak hidrolik • Kentledge • 4 siklus pembebanan 	<ul style="list-style-type: none"> • VWSG • <i>Tell-tales rod</i> • <i>Levelling survey</i>
TU2	Slow Maintenanced Loading Test, menggunakan : <ul style="list-style-type: none"> • Dongkrak hidrolik • Kentledge • 6 siklus pembebanan 	<ul style="list-style-type: none"> • VWSG • <i>Tell-tales rod</i>

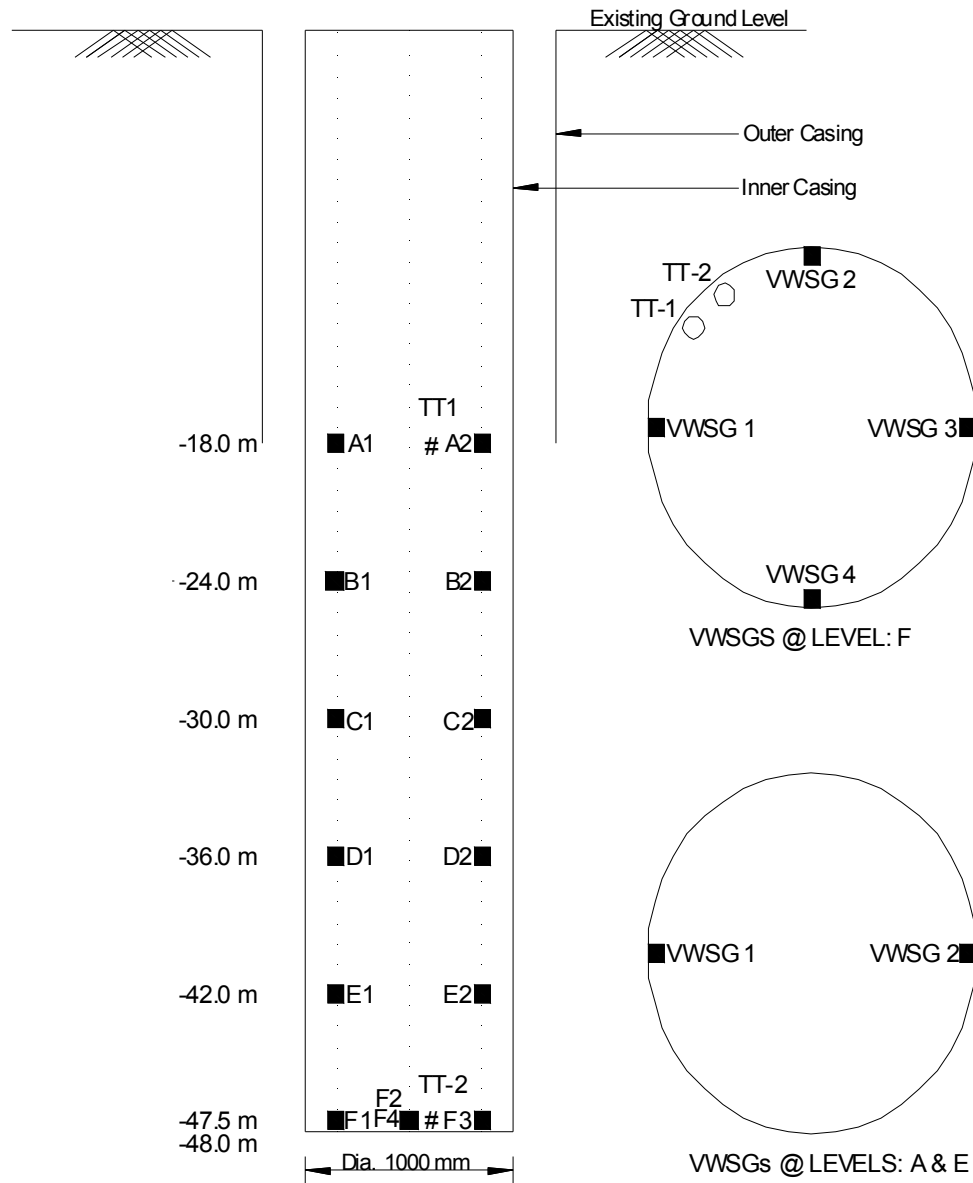
Tabel 5. Mutu beton, slump, umur beton saat *loading*, jenis alat bor dan metode pengecoran Tiang Uji

Tiang Uji	Mutu beton (MPa)	Slump (mm)	Umur beton saat <i>loading</i>	Jenis alat bor	Metode pengecoran
TU1	35	150 – 200	21 hari	<i>Rotary Auger</i>	<i>Placed by tremie</i>
TU2	35	-	75 hari	<i>Rotary Auger</i>	<i>Placed by tremie</i>

Skema pemasangan instrumentasi yang digunakan pada TU1 dan TU2 tampak pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Skema instrumentasi pada Tiang Uji 1



Gambar 3. Skema instrumentasi pada Tiang Uji 2

5. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

Tiang Uji 1 (TU1) dan Tiang Uji 2 (TU2) dapat diklasifikasikan sebagai tiang bor panjang (menurut Mates 1972, Murthy 1974, Grigorian 1970 dan Pula 1975). Tahanan gesekan selimut rata-rata termobilisasi (mobilised average unit skin friction) untuk setiap siklus pembebanan pada TU1 dan TU2 tampak pada Tabel 6 dan Tabel 7..

Tabel 6. Tahanan gesekan selimut rata-rata termobilisasi pada Tiang Uji 1 (TU1)

Kedalaman (m)	Tahanan gesekan selimut rata-rata termobilisasi, f_s (t/m ²) pada			
	0.5xWL (280 ton) <i>1st cycle</i>	1.0xWL (560 ton) <i>2nd cycle</i>	1.5xWL (840 ton) <i>3rd cycle</i>	2.0xWL (1120 ton) <i>4th cycle</i>
0.0 – 9.4	<i>Debonded Zone / Empty Bore</i>			
9.4 – 17.0	4.5	10.4	16.7	22.0
17.0 – 36.0	2.4	4.7	6.6	*8.8
36.0 – 42.0	0.1	0.7	1.7	*2.7

*tidak termobilisasi secara penuh (not fully mobilized)

Tabel 7. Tahanan gesekan selimut rata-rata termobilisasi pada Tiang Uji 2 (TU2)

Kedalaman (m)	Tahanan gesekan selimut rata-rata termobilisasi, f_s (t/m ²) pada					
	0.44xWL (218.8 ton) <i>1st cycle</i>	1.0xWL (504.7 ton) <i>2nd cycle</i>	1.52xWL (760.6 ton) <i>3rd cycle</i>	1.99xWL (995.9 ton) <i>4th cycle</i>	2.47xWL (1233 ton) <i>5th cycle</i>	2.99xWL (1493.1 ton) <i>6th cycle</i>
0.0 – 18.0	<i>Debonded Zone</i>					
18.0 – 24.0	4.03	8.06	9.29	10.82	11.52	13.50
24.0 – 30.0	3.20	4.81	17.48	24.10	28.33	34.94
30.0 – 42.0	0.28	3.41	3.01	6.74	10.37	13.38
42 – 47.5	0.14	0.22	0.65	1.15	2.52	4.47

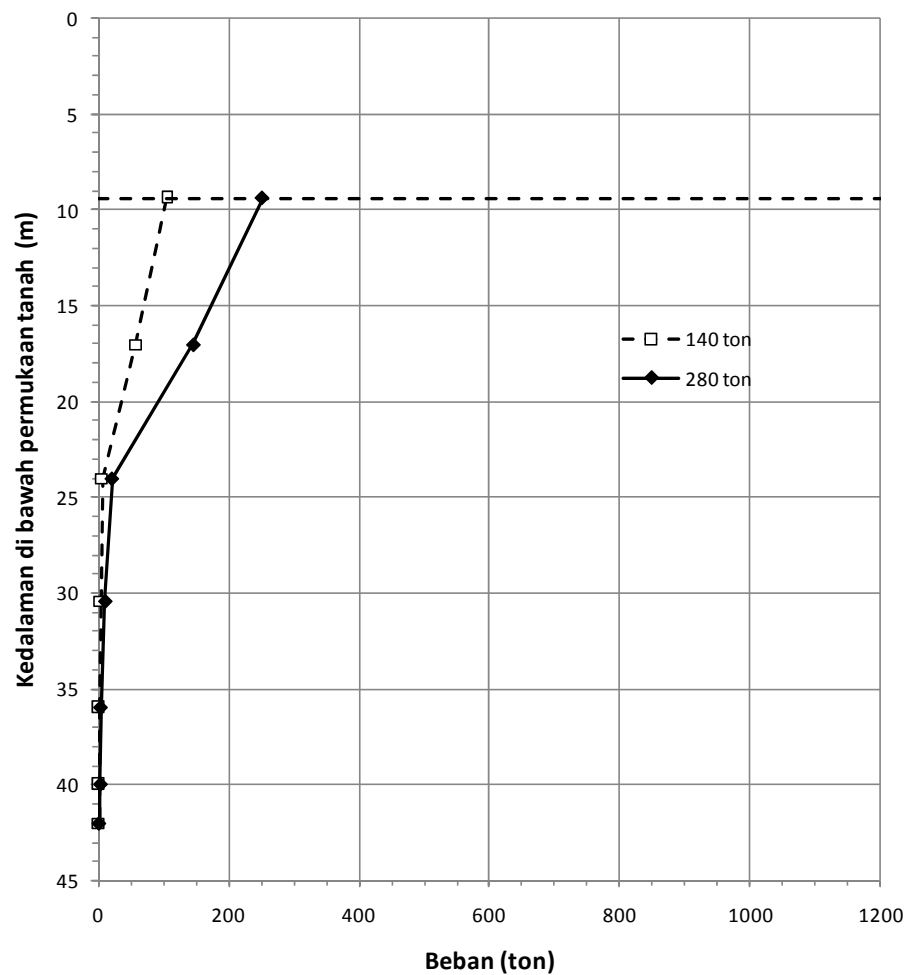
Untuk Tiang Uji 1 (TU1), tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman VWSG saat kondisi pembebanan *1st Cycle* hingga *4th Cycle* tampak pada Tabel 8 hingga Tabel 11 dan kurva transfer beban saat kondisi pembebanan *1st Cycle* hingga *4th Cycle* tampak pada Gambar 4 hingga Gambar 7.

Untuk Tiang Uji 2 (TU2), tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman VWSG saat kondisi pembebanan *1st Cycle* hingga *6th Cycle* tampak pada Tabel 12 hingga Tabel 17 dan kurva transfer beban saat kondisi pembebanan *1st Cycle* hingga *6th Cycle* tampak pada Gambar 8 hingga Gambar 13.

Kurva transfer beban – deformasi dan kurva normalisasi transfer beban – deformasi untuk TU1 dan TU2 tampak pada Gambar 14 hingga Gambar 17.

Tabel 8. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU1 saat I^{st} Cycle

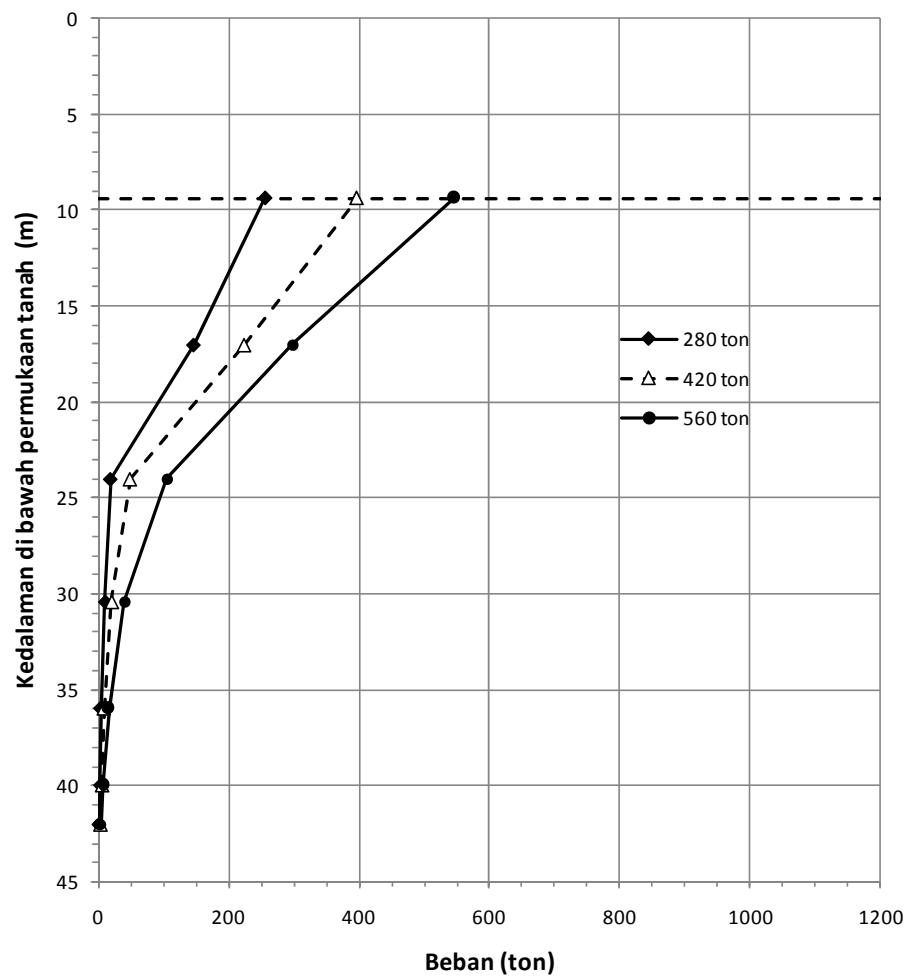
VWSG	Kedalaman (m)	Tahanan Gesekan selimut rata-rata, f_s (t/m ²)	
		1^{st} Cycle	
		Beban	
		140 ton	280 ton
	0.0 - 9.4	<i>Debanded Zone</i>	
A	9.4	105.30	252.20
B	17.0	58.50	145.60
C	24.0	6.83	21.45
D	30.4	3.90	10.40
E	36.0	1.30	3.90
F	40.0	1.30	2.60
G	42.0	1.30	1.30



Gambar 4. Kurva transfer beban TU1 pada I^{st} Cycle

Tabel 9. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU1 saat 2nd Cycle

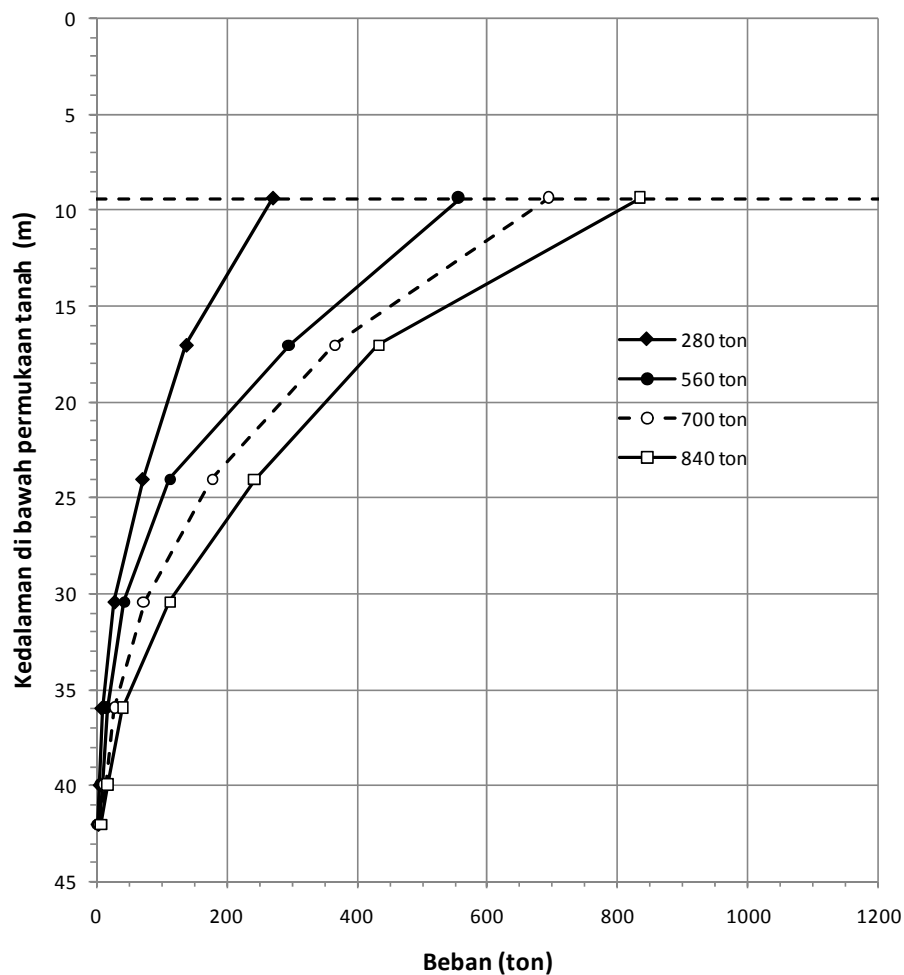
VWSG	Kedalaman (m)	Tahanan Gesekan selimut rata-rata, f_s (t/m ²)		
		2 nd Cycle		
		Beban		
		280 ton	420 ton	560 ton
	0.0 - 9.4	Debonded Zone		
A	9.4	256.10	396.50	546.00
B	17.0	146.90	224.90	297.70
C	24.0	19.50	48.75	105.30
D	30.4	10.40	20.80	40.30
E	36.0	3.90	9.10	16.90
F	40.0	2.60	5.20	7.80
G	42.0	1.95	3.25	3.90



Gambar 5. Kurva transfer beban TU1 pada 2nd Cycle

Tabel 10. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU1 saat 3rd Cycle

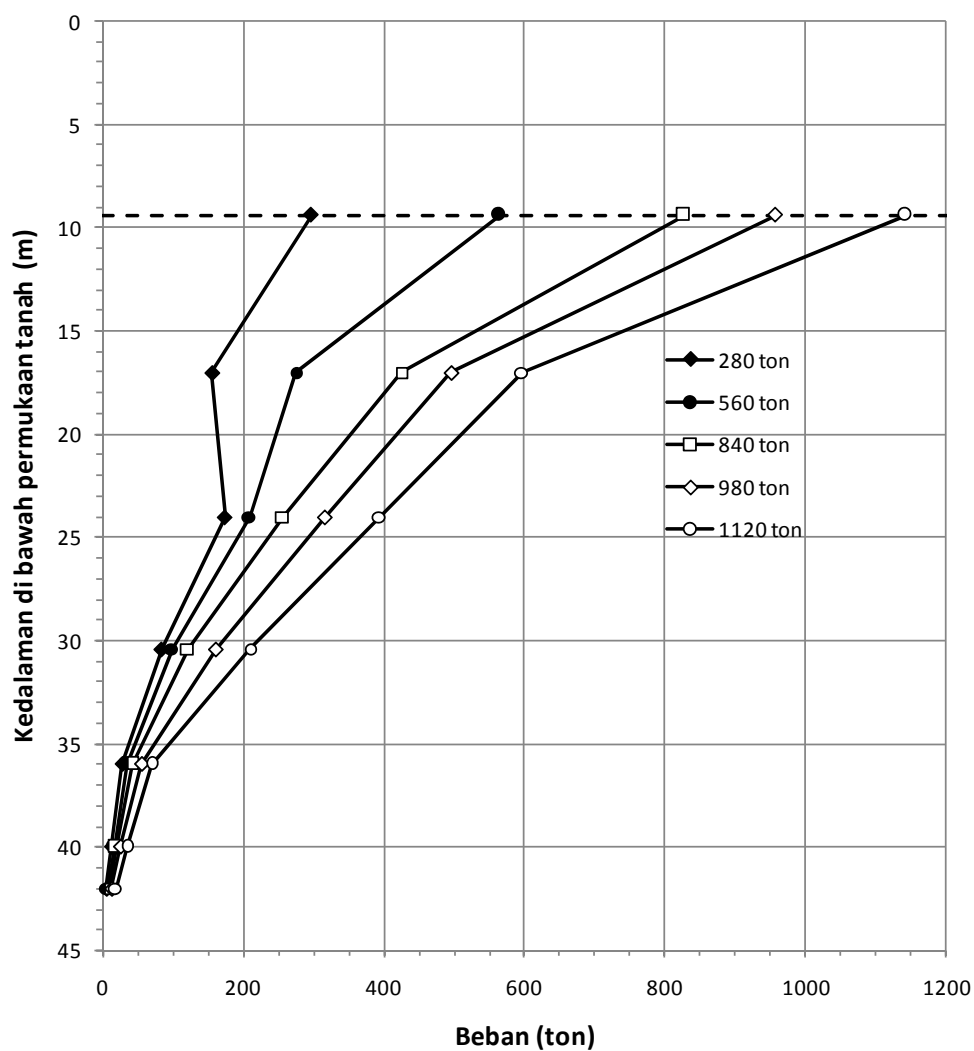
VWSG	Kedalaman (m)	Tahanan Gesekan selimut rata-rata, f_s (t/m ²)			
		3 rd Cycle			
		Beban			
		280 ton	560 ton	700 ton	840 ton
	0.0 - 9.4	<i>Debonded Zone</i>			
A	9.4	270.40	556.40	692.90	833.20
B	17.0	137.80	296.40	365.30	433.20
C	24.0	72.15	113.10	177.45	244.73
D	30.4	27.30	42.90	74.10	113.10
E	36.0	9.10	16.90	27.30	40.30
F	40.0	5.20	9.10	14.30	18.20
G	42.0	2.60	3.90	5.85	8.45



Gambar 6. Kurva transfer beban TU1 pada 3rd Cycle

Tabel 11. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU1 saat 4th Cycle

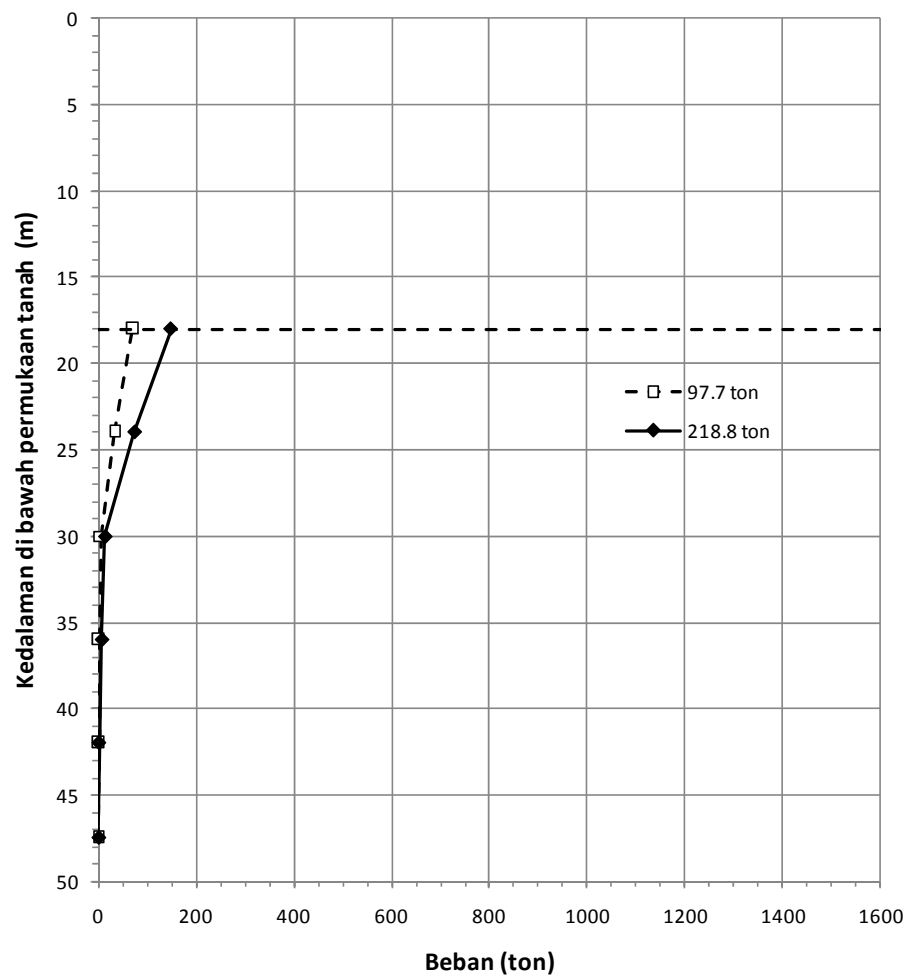
VWSG	Kedalaman (m)	Tahanan Gesekan selimut rata-rata, f_s (t/m ²)				
		4 th Cycle				
		Beban				
		280 ton	560 ton	840 ton	980 ton	1120 ton
	0.0 - 9.4	Debonded Zone				
A	9.4	296.40	564.20	826.80	956.80	1142.70
B	17.0	156.00	275.60	425.10	495.30	596.70
C	24.0	174.53	208.65	256.43	316.88	394.88
D	30.4	84.50	98.80	122.20	161.20	210.60
E	36.0	27.30	33.80	42.90	55.90	70.20
F	40.0	13.00	16.90	19.50	26.00	35.10
G	42.0	5.85	7.15	10.40	13.00	19.50



Gambar 7. Kurva transfer beban TU1 pada 4th Cycle

Tabel 12. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 1^{st} Cycle

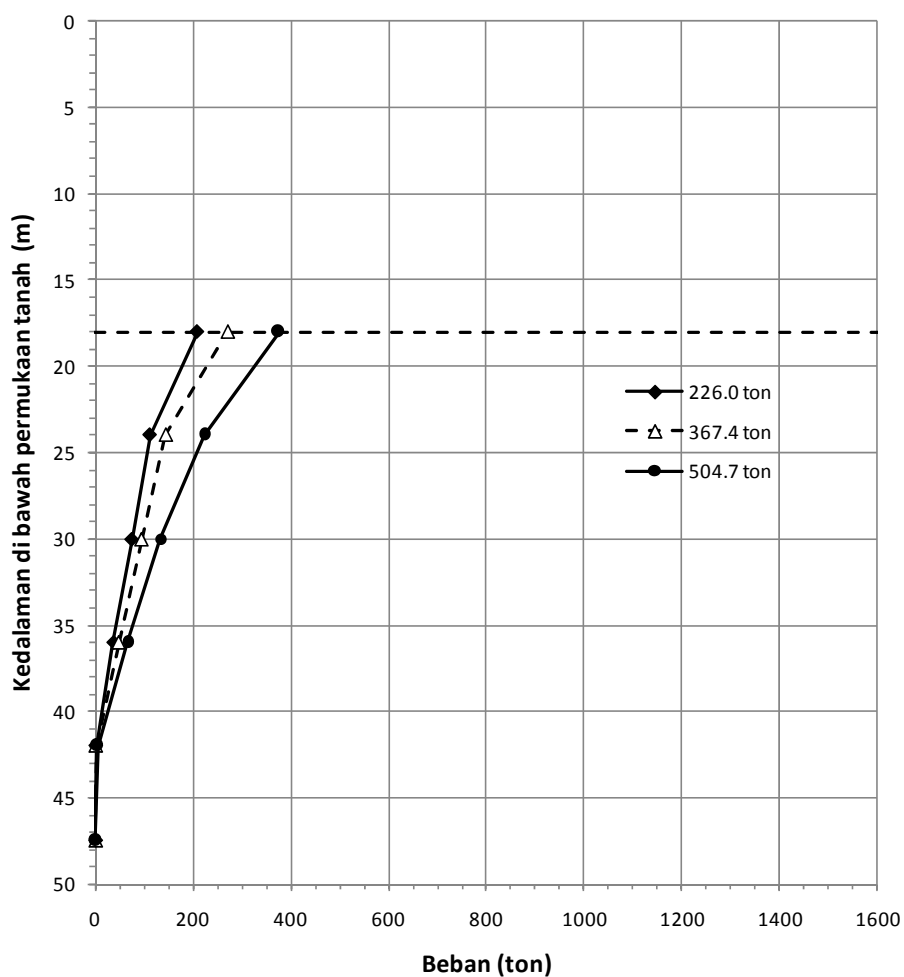
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)	
		1^{st} Cycle	
		Beban	
		97.7 ton	218.8 ton
	0.0 - 18.0	<i>Debonded Zone</i>	
A	18.0	71.05	149.45
B	24.0	33.62	73.46
C	30.0	5.80	13.05
D	36.0	2.49	7.47
E	42.0	2.49	2.49
F	47.5	0.62	0.00



Gambar 8. Kurva transfer beban TU2 pada 1^{st} Cycle

Tabel 13. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 2nd Cycle

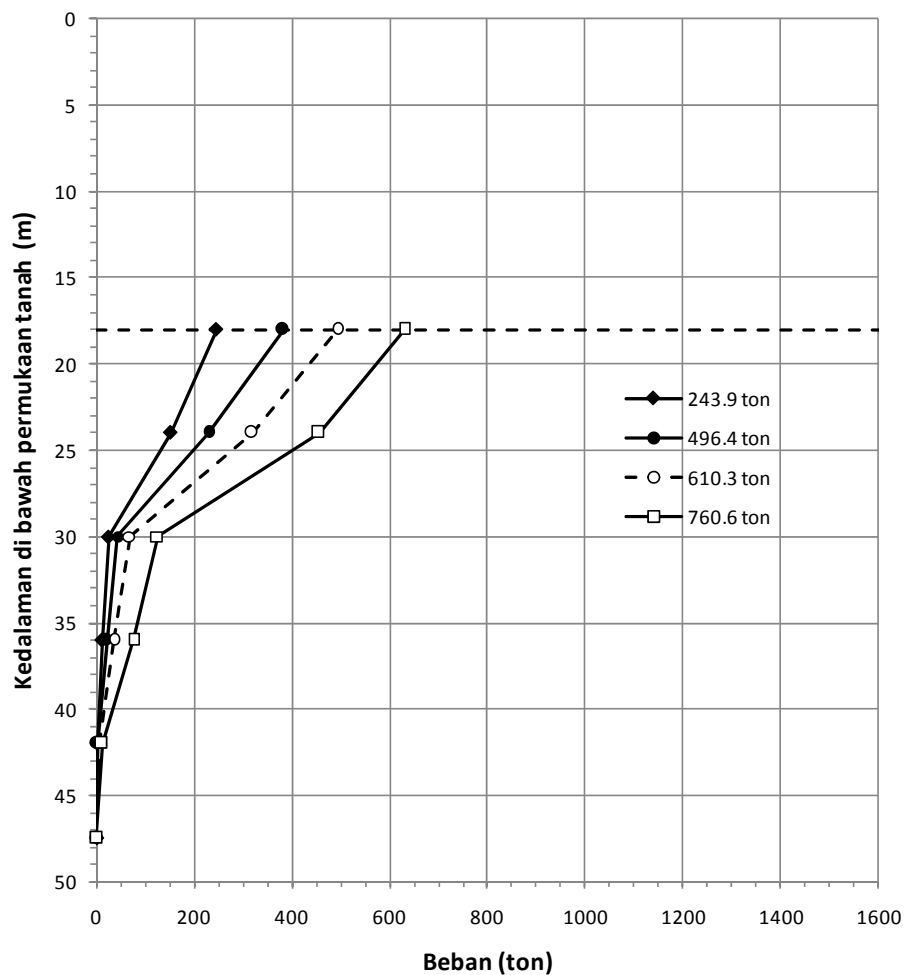
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)		
		2 nd Cycle		
		Beban		
		226 ton	367.4 ton	504.7 ton
	0.0 - 18.0	<i>Debonded zone</i>		
A	18.0	208.50	270.73	376.08
B	24.0	112.05	144.42	224.10
C	30.0	75.40	95.70	133.40
D	36.0	37.35	48.56	67.23
E	42.0	2.49	2.49	4.98
F	47.5	0.62	0.62	1.25



Gambar 9. Kurva transfer beban TU2 pada 2nd Cycle

Tabel 14. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 3rd Cycle

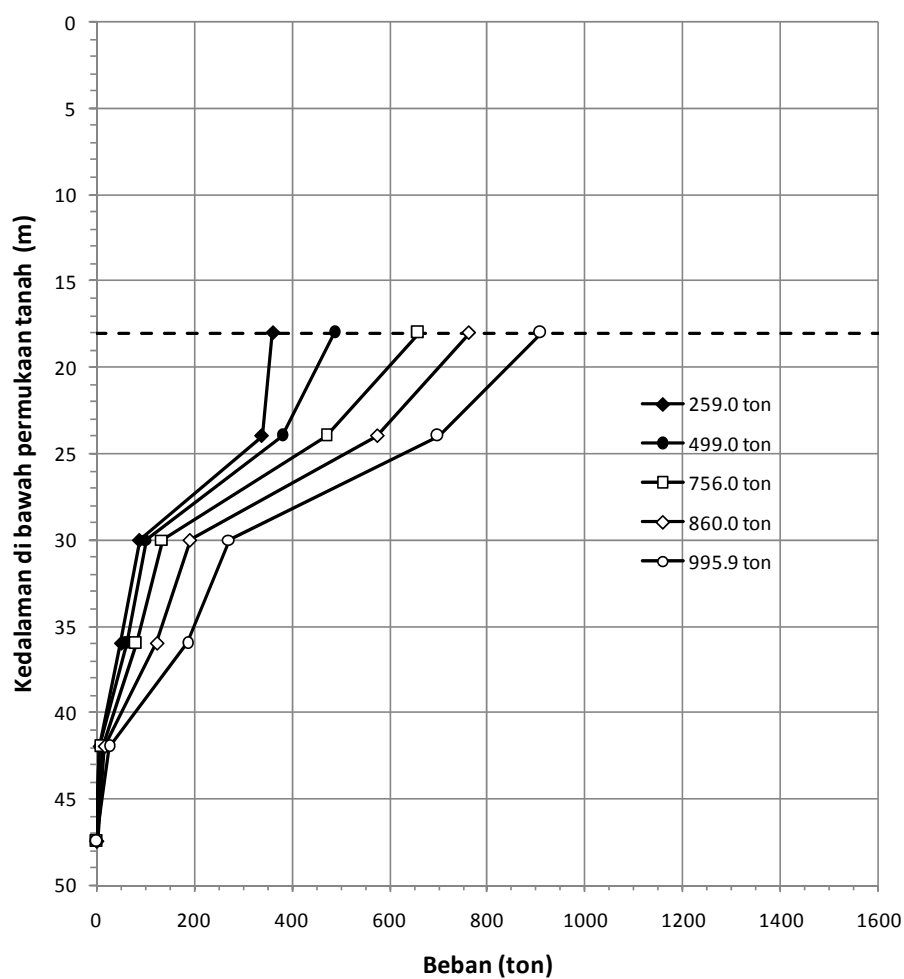
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)			
		3 rd Cycle			
		Beban			
		243.9 ton	496.4 ton	610.3 ton	760.6 ton
	0.0 - 18.0	Debonded zone			
A	18.0	246.23	382.20	494.40	630.88
B	24.0	151.89	230.33	318.72	455.67
C	30.0	26.10	43.50	68.15	126.15
D	36.0	12.45	22.41	37.35	77.19
E	42.0	2.49	2.49	7.47	12.45
F	47.5	1.25	0.00	1.25	1.25



Gambar 10. Kurva transfer beban TU2 pada 3rd Cycle

Tabel 15. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 4th Cycle

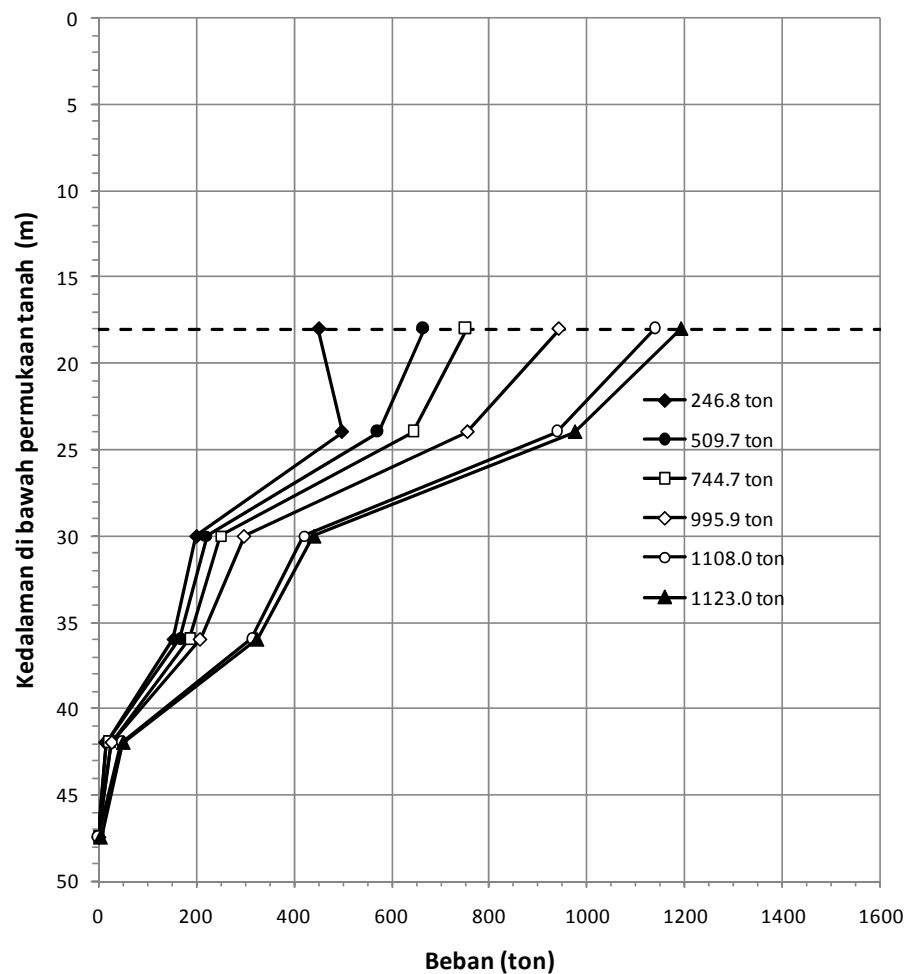
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)				
		4 th Cycle				
		Beban				
		259 ton	499 ton	756 ton	860 ton	995.9 ton
	0.0 - 18.0	Debonded zone				
A	18.0	360.15	487.55	659.05	761.95	910.18
B	24.0	339.89	380.97	470.08	573.95	698.45
C	30.0	88.45	102.95	136.30	192.85	272.60
D	36.0	49.80	62.25	82.17	124.50	186.75
E	42.0	7.47	7.47	12.45	17.43	27.39
F	47.5	0.62	0.62	1.25	1.87	1.25



Gambar 11. Kurva transfer beban TU2 pada 4th Cycle

Tabel 16. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 5th Cycle

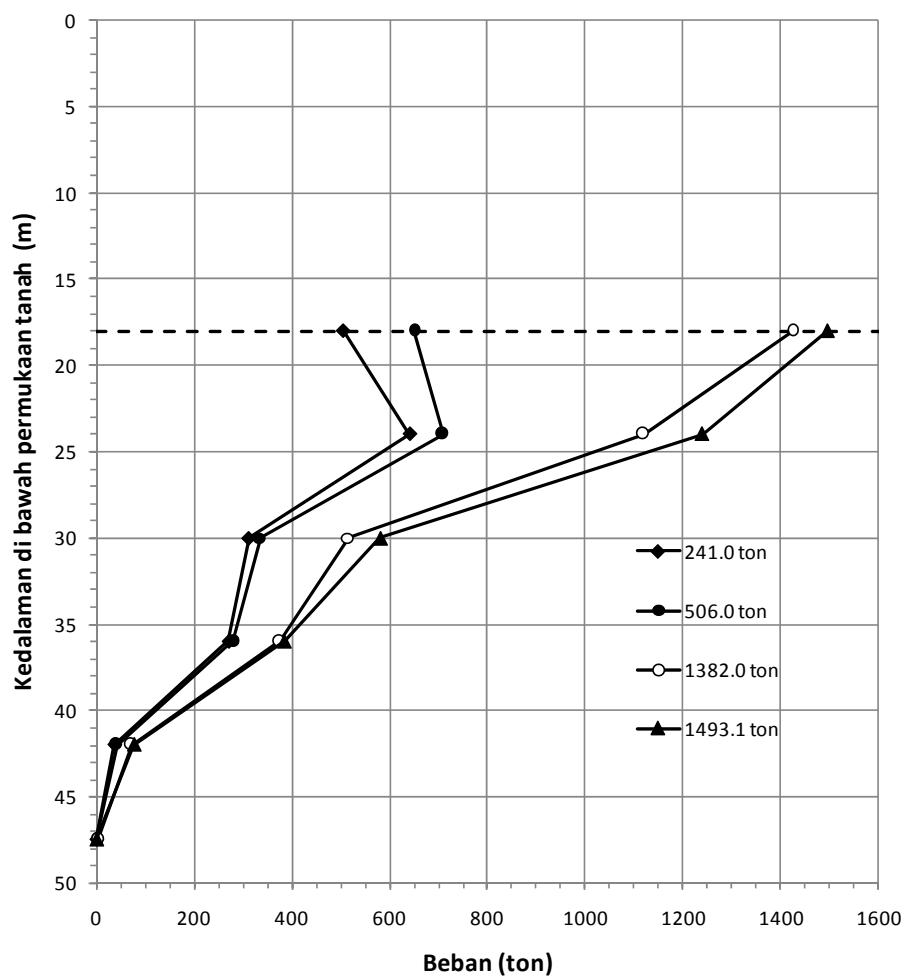
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)					
		5 th Cycle					
		Beban					
		246.8 ton	509.7 ton	744.7 ton	995.9 ton	1108.0 ton	1233.0 ton
	0.0 - 18.0	<i>Debonded zone</i>					
A	18.0	450.80	665.18	752.15	943.25	1138.03	1191.93
B	24.0	499.25	572.70	643.67	754.47	937.49	974.84
C	30.0	200.10	221.85	250.85	298.70	420.50	440.80
D	36.0	154.38	166.83	186.75	209.16	313.74	326.19
E	42.0	14.94	17.43	24.90	27.39	47.31	49.80
F	47.5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	6.23



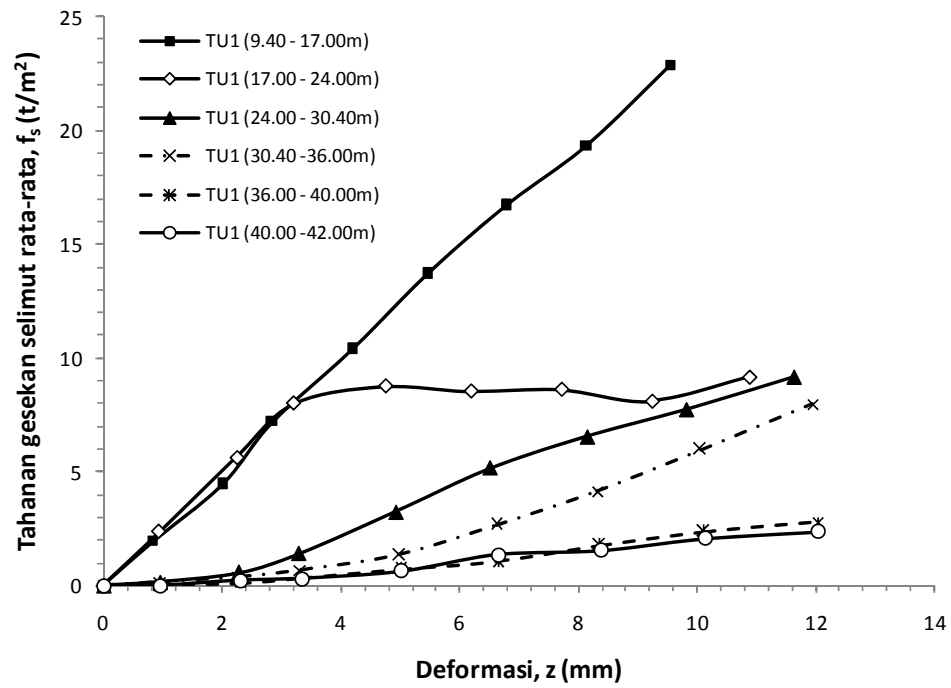
Gambar 12. Kurva transfer beban TU2 pada 5th Cycle

Tabel 17. Tahanan gesekan selimut rata-rata untuk setiap kedalaman dari TU2 saat 6th Cycle

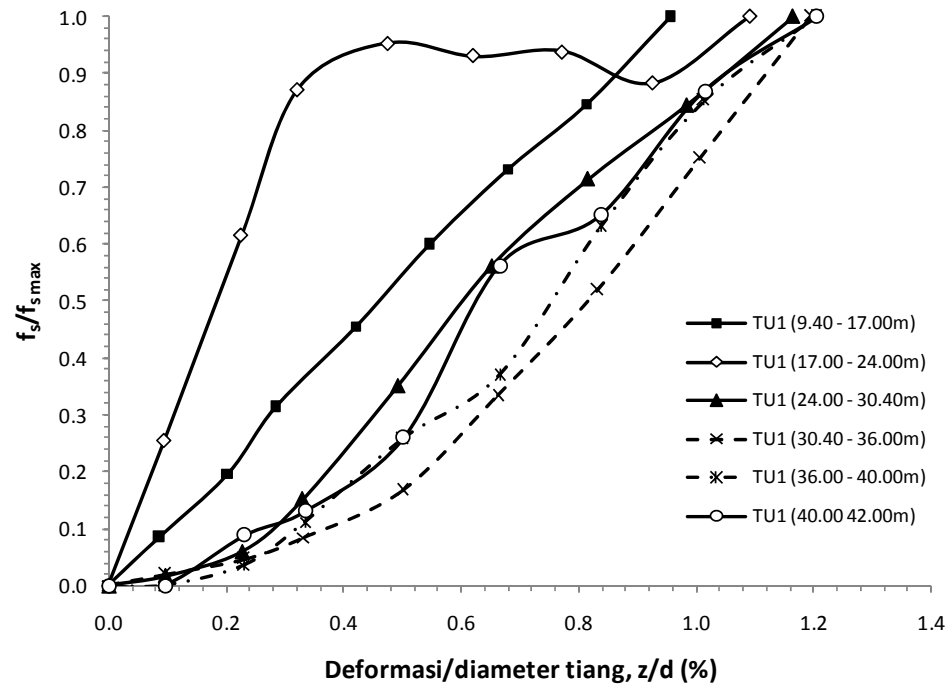
VWSG	Depth (m)	Tahanan Gesekan Selimut Rata-rata, f_s (t/m ²)			
		6 th Cycle			
		Beban			
		241.0 ton	506.0 ton	1382.0 ton	1493.1 ton
	0.0 - 18.0	Debonded Zone			
A	18.0	505.93	650.48	1424.68	1494.50
B	24.0	641.18	709.65	1119.26	1240.02
C	30.0	313.20	334.95	516.20	581.45
D	36.0	271.41	281.37	375.99	385.95
E	42.0	37.35	42.33	72.21	77.19
F	47.5	0.00	0.00	4.36	0.00



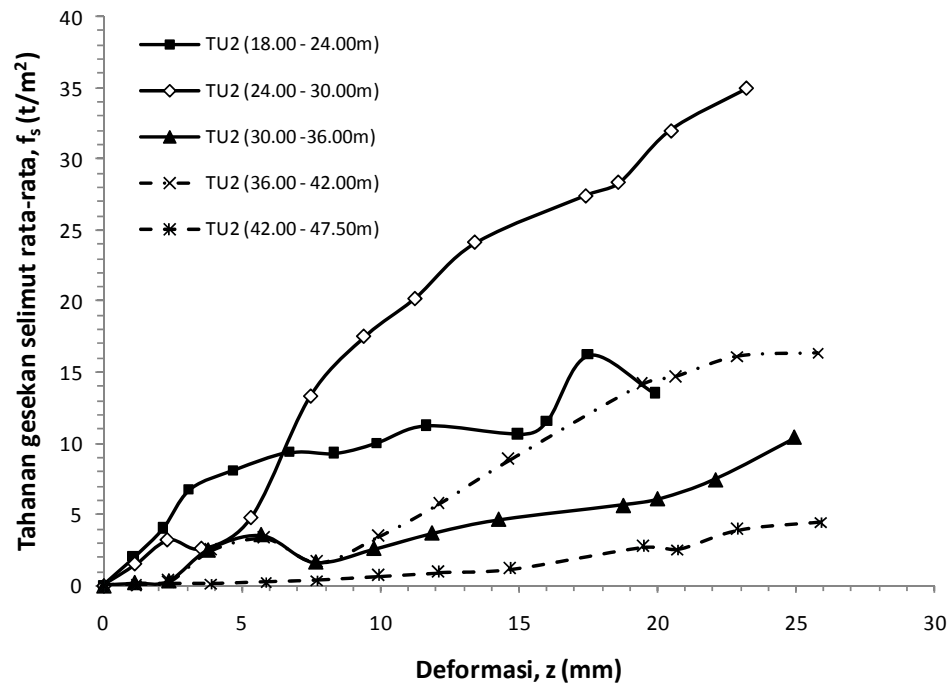
Gambar 13. Kurva transfer beban TU2 pada 6th Cycle



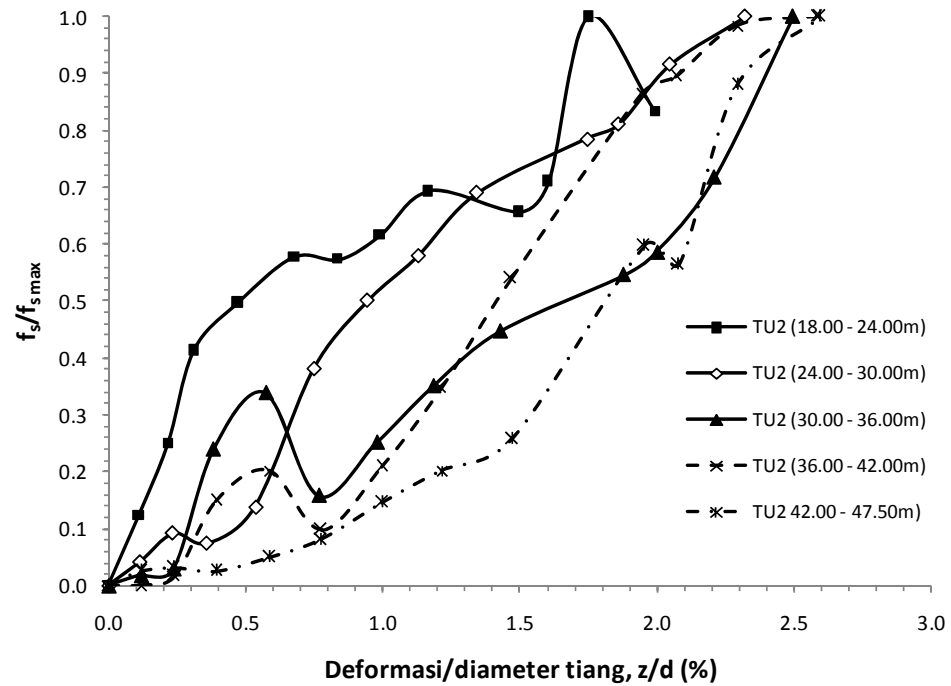
Gambar 14. Kurva transfer beban – deformasi untuk TU1



Gambar 15. Kurva normalisasi transfer beban – deformasi untuk TU1.



Gambar 16. Kurva transfer beban – deformasi untuk TU2



Gambar 17. Kurva normalisasi transfer beban – deformasi untuk TU2

6. SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Tiang Uji 1 dan Tiang Uji 2 diklasifikasikan sebagai tiang bor panjang.
2. Kurva transfer beban pada Tiang Uji 1 dan Tiang Uji 2 menunjukkan bahwa tahanan dukung ujung tidak termobilisasi.
3. Tahanan gesekan selimut termobilisasi pada deformasi 0.9% d hingga 2.6% d untuk kedua Tiang Uji (TU1 dan TU2).

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Irawan Firmansyah, MSCE, yang telah memberikan data-data bagi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Balakrishnan, E.G., (February, 1999, p.122-131). *Load Deformation Analysis of Bored Piles in Residual Weathered Formation*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
2. Hunt, R.E., (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, Mc Graw-Hill, New York.
3. Kruizinga, J., (1984, p.1417-1420). *Behaviour of Bored and Auger Piles in Normally Consolidated Soils*, International Conference on Soils Mechanics and Foundation Engineering.
4. Ng, W.W.C., (June, 2000, p.488-498). *New Failure Criterion for Large Diameter Bored Pile in Weathered Geomaterials*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
5. Phienweij, N., (1995, p.251-260). *Performance of Bored Piles in Weathered Meta-Sedimentary Rocks in Kuala Lumpur, Malaysia*, Developments in Deep Foundations and Ground Improvement Scheme.
6. Poulos, H.G., Davis, E.H., (1980). *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Canada.
7. Prakash, S., Sharma, H.D., (1990). *Pile Foundation in Engineering Practice*, John Wiley & Sons.
8. Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G., (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons.

9. Woo, S.M., (1995, p. 69-85). *Analysis of Pile Test Results*, Development in Deep Foundations and Ground Improvement Schemes.
10. Woodward, Gardner, Greer, (1972). *Drilled Pier Foundations*, The Mc-Graw-Hill Companies, New York.